HEALTH EFFECTS OF WELDING FUMES AND GASES

Paul Sampara
Project Scientist
Material Hazards

Canadian Centre for Occupational Health and Safety

250 Main Street East
Hamilton Ontario
L8N 1H6

September 1985

P85-4E

HEALTH EFFECTS OF WELDING FUMES AND GASES

CCOHS NUMBER P85-4E

ISBN 0-660-11950-1

DSS CATALOGUE NUMBER CC273-2/85-4E

This publication is available
in both official languages.

Cette publication est disponible
dans les deux langues officielles.

While the Centre endeavours to ensure the accuracy and completeness of information provided, it is understood that the Centre makes no warranty as to the accuracy or completeness of such information and assumes no liability for any damages or loss suffered as a result of any inaccuracy or incompleteness therein.

Published 1985

Additional copies available upon request.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

CONTENTS

		Page
	SCOPE	1
	INTRODUCTION	1
	A. Major Arc Welding Methods	1
	B. Major Types of Metals That are Welded	2
I.	**FUMES**	4
	A. How Fumes are Produced	4
	B. Major Fumes Generated From Welding	4
	C. Health Effects of Fumes	4
	1. Short-Term Effects	4
	Respiratory Irritation	5
	Metal Fume Fever	5
	Cadmium Poisoning	5
	2. Long-Term Effects	5
	Siderosis	5
	Lung Cancer	5
II.	**GASES**	6
	A. How Gases are Produced	6
	B. Major Gases Generated From Welding	7
	C. Health Effects of Gases	7
	1. Short-Term Effects	7
	Respiratory Irritation	7
	Oxygen Deficiency	8
	2. Long-Term Effects	8
III.	**COMBINED HEALTH EFFECTS OF FUMES AND GASES**	8
IV.	**SUMMARY**	8
V.	**REFERENCES**	9

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est,
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

SCOPE

The purpose of this document is to summarize the health effects that may result from exposure to welding fumes and gases. It is intended primarily as a source of information for welders, welding engineers, health and safety committees, industrial hygienists, occupational health physicians and nurses, and other health and safety professionals.

INTRODUCTION

Welding is a major industrial process which uses heat and/or pressure to join metals. Among the many different welding techniques, arc welding has become the one most widely used. Molten metal from the workpiece and a filler metal from an electrode form a common puddle which cools to form the weld.

Arc Welding uses a continuous electrical discharge (an electric arc) to generate high temperatures (3,000 C to 30,000 C). The electric arc is maintained at the gap between the electrical conductor (the electrode) and the workpiece. The arc can be manipulated and moved to melt part of the workpiece and filler metals as required to form a weld.

Welding Fumes and Gases are produced during the welding process as byproducts in the form of a welding plume (the cloud of smoke that rises from the arc zone). The heat and ultraviolet radiation from the welding arc also generate potentially harmful gases in the surrounding air. Welders and other workers nearby are exposed to all of these substances. It is no straightforward matter to assess the health effects of such exposure. Many variables influence the chemical composition and concentration of welding byproducts and can create thousands of different combinations. No two welding exposures are likely to be identical and thus, the task of determining the exposure of any one welder is extremely difficult. About 80% of all welding is accounted for by three major arc welding methods which are used to weld four major types of metals (1).

A. MAJOR ARC WELDING METHODS

Shielded Metal Arc (SMAW) Or Manual Metal Arc Welding (MMA) is the most common arc welding process. It uses a short length of consumable electrode which melts as it maintains the arc. Metal with characteristics similar to the metal being welded is melted off the electrode and carried across the arc to become the filler metal of the weld. The electrode is fed into the arc as fast as it melts to maintain a constant arc length. The electrode is coated with a complex mixture of chemical compounds which perform important functions in the welding process. The principal role of the coating is to release a shielding gas such as carbon dioxide to keep air out of the arc zone and protect the weld from oxidation. Other compounds improve the metallurgical properties of the weld and stabilize the arc. The composition of the coatings varies with the metal being welded.

Gas Metal Arc (GMAW) Or Metal Inert Gas Welding (MIG) uses an uncoated consumable wire that is fed continuously down the middle of the welding torch. A ringlike tube around the wire transports an inert gas such as argon, helium or carbon dioxide from an outside source to the arc zone to prevent oxidation of the weld.

Flux Cored Arc Welding (FCAW) is a variation of MIG welding. This process uses a hollow consumable wire, the core of which contains various chemicals that generate shielding gases and strengthen the weld.

Gas Tungsten Arc (GTAW) Or Tungsten Inert Gas Welding (TIG) uses a non-consumable tungsten electrode which maintains the arc and provides sufficient heat to join the metals. If filler metal is needed it is added in the form of a rod held close to the arc so it will melt and be deposited at the weld. Externally supplied shielding gases may or may not be used depending on the metal being welded.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

B. MAJOR TYPES OF METALS THAT ARE WELDED

- **Mild steel** (an alloy of iron, carbon, silicon, and occasionally molybdenum or manganese).
- **Stainless and high alloy steels** (containing iron, nickel, chromium, and occasionally cobalt, vanadium, manganese, and molybdenum).
- **Aluminum** (either pure or as an alloy also containing magnesium, silicon, and occasionally chromium).
- **Galvanized steel** (steel that has been coated with a layer of zinc to prevent corrosion).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Table 1 lists the potential fume and gas byproducts of the most common welding processes and metals.

Table 1
Potential Fume and Gas Byproducts of the Most Common Combinations of Arc Welding Processes and Materials

Arc Welding Process	Metal	Fumes	Gases
Metal Inert Gas (MIG)	aluminum	aluminum oxide	ozone
Metal Inert Gas (MIG)	mild steel	oxides of iron, silicon, copper	nitrogen oxides
Metal Inert Gas (MIG)	stainless steel	same as MIG/mild steel plus oxides of manganese, chromium, nickel	nitrogen oxides, ozone
Metal Inert Gas (MIG)	galvanized steel	same as MIG/mild steel plus oxides of zinc, cadmium, lead	
Manual Metal Arc (MMA)	mild steel	same as MIG/mild steel steel plus oxides of aluminum, molybdenum, titanium; sodium potassium, calcium, fluorine	nitrogen oxides
Manual Metal Arc (MMA)	stainless steel	same as MMA/mild steel plus oxides of chromium, copper, nickel, vanadium	nitrogen oxides
Manual Metal Arc (MMA)	galvanized steel	same as MMA/mild plus oxides of zinc, cadmium, lead	
Tungsten Inert Gas (TIG)	aluminum	fume composition similar to MIG welding, ozone but amount of fume generated is much lower	nitrogen oxides, ozone

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

I. FUMES

A. HOW FUMES ARE PRODUCED

Fumes are extremely fine, solid particles formed by the condensation of material from a vapour state. The high temperature of an electric welding arc melts both the consumable electrode and the metal being welded. Some of this melted material vaporizes. When the vaporized material in the hot welding plume makes contact with the cooler, surrounding air, it condenses to form fume particles.

All welding processes produce fumes, but the composition and concentration of the fumes can vary widely. Almost all of the fume originates from the filler metal and the coatings or cores contained in the consumable electrodes or wires. Since the temperature of the workpiece being welded is not raised far above its melting point it does not contribute much to the total amount of fume. If the metal being welded has been painted or coated with corrosion or rust inhibitors, these coatings may decompose. Welding galvanized steel, for example, generates large amounts of zinc or cadmium in the fume. Welding painted metals may result in high levels of lead fume if the paint contains lead.

B. MAJOR FUMES GENERATED FROM WELDING

The largest component of all welding fumes is iron oxide. Depending on the welding process and the material being welded, the fumes may also contain various combinations of the following metals and other chemical compounds:

aluminum	lead	titanium
cadmium	manganese	vanadium
chromium	molybdenum	zinc
copper	nickel	
fluorides	tin	

The greatest concern about potential health effects centre on cadmium, chromium, iron oxide, nickel, and zinc.

C. HEALTH EFFECTS OF FUMES

Most welding fumes are very small (less than one thousandth of a millimetre) and so can be easily inhaled. The respiratory system has several ways of removing most of the deposited particles over a period ranging from a few days to many months. Even after a lifetime of welding it is unusual to find more than a few grams of welding fume particles in the lungs of welders (2).

The concern is what effect the welding fumes may have while they are in the lungs. As well as having direct effects on the respiratory system, some fume particles may dissolve in the lungs and be transported by the blood or lymphatic system to other parts of the body, where they may have toxic effects.

The potential for health effects from welding fumes depends on the total amount of fume that is inhaled, and the specific toxic metals or compounds present in the fume.

1. Short-Term Effects

Short-term health effects usually refer to biological reactions which occur a relatively short time (hours to days) after exposure to a toxic substance. Some physicians consider reactions that appear up to six months after exposure to be short-term health effects (3).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Respiratory Irritation
Irritation of the nose, throat and lungs can result from inhalation of welding fumes containing cadmium, chromium, lead, fluorides, manganese, nickel, molybdenum, titanium, vanadium, and zinc. Effects include excessive mucus secretion and coughing.

Metal Fume Fever
The most common effect of overexposure to certain types of metal fumes is metal fume fever, also known as galvo or zinc fever, zinc chills, brazier's disease, copper fever, Monday fever, the smothers, smelter's shakes and foundry fever.

Symptoms of metal fume fever occur about 4 to 12 hours after exposure and usually last about 24 hours. Recovery is complete with no permanent disability. The symptoms resemble the "flu" and include: sweating, shivering, headache, fever, chills, thirst, muscle aches, nausea, vomiting, weakness, and tiredness. A metallic or sweet taste in the mouth, dryness or irritation of the throat, and coughing may occur at the time of exposure to the metal fumes.

Metal fume fever is most frequently caused by overexposure to freshly generated zinc oxide fumes from welding, burning or brazing galvanized steel. Overexposure to the fumes of other metal oxides such as cadmium, copper, magnesium, manganese, nickel or tin have also been implicated in some cases of metal fume fever. It has been estimated that half of all welders will experience at least one case of metal fume fever during their working lifetime (4).

Some welders may develop a short-term immunity to metal fume fever, so that repeated exposure to welding fumes does not cause metal fume fever. This immunity only lasts for a short time and is quickly lost after short absences from work (weekends or vacations).

Cadmium Poisoning
Cadmium is very toxic. The effects of overexposure to cadmium fumes may resemble metal fume fever initially. But the condition worsens after a short period into severe accumulation of fluid in the lungs (edema), acute bronchitis, and acute pneumonia. Liver and kidney damage may also occur. Several fatalities have been reported among welders exposed for a short time to high concentrations of cadmium fumes (28,30).

2. Long-Term Effects

Long-term health effects usually refer to biological reactions which occur many years after exposure to a toxic substance. The long-term health effects of exposure to welding fumes are much less clearly understood than the short term health effects described earlier.

Siderosis
As previously stated, iron oxide is the major component of all welding fumes. Accumulation of iron oxide in the lungs can be seen on x-rays as shadowy patches. This condition, known as siderosis, was first observed in the late 1930's when welding became a major industrial process.

Siderosis tends to clear up when the exposure to metallic particles stops. It was thought that accumulation of iron oxide particles in the lungs caused changes in lung function, scarring of the lung tissue (fibrosis) or lung cancer, but such an effect has not been demonstrated (2,5,6).

Lung Cancer
Experiments on animals and living cells have shown that welding fumes can cause cancer and mutations.

Welding stainless steel can produce high concentrations of chromium and nickel. Exposure to similar chromium and nickel compounds in the chromate and nickel production industries has been linked to cases of lung cancer. Lung cancer resulting from many years of exposure to welding fumes and gases, has become a major concern. Lung cancer is a difficult subject for study because it is the most common form of human cancer. Cigarette smoking is the most important cause of lung cancer, but it is by no means the only one.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

In the last thirty years, at least eighteen epidemiological studies have been published on lung cancer incidence among welders (7-24). These studies have been extensively reviewed (25-34). The following is a very brief summary of the findings. For more complete information the original studies or the more comprehensive reviews should be consulted.

Studies of lung cancer among welders fall into three groups, as follows:

1. Analysis of all deaths or cancer registrations in a particular country or region (7-11). All of these studies found about a 40 per cent increase in lung cancer among welders as compared to the general population.
2. Shipyard welders (12-16). These studies found an average of 30 per cent increased incidence of lung cancer among welders.
3. Non-shipyard welders. These studies also suggest a 40 per cent greater incidence of lung cancer among welders (17-24).

These studies indicate that welders may experience a 30 per cent to 40 per cent increased risk of lung cancer, compared to the general population. There are currently three interpretations of these findings, as follows.

1. The risk of lung cancer as a result of welding is negligible and the excess incidence can be accounted for by smoking (which has been estimated to account for about 30 per cent of lung cancers) or by exposure to other cancer-causing agents, such as asbestos fibres (especially among shipyard welders who were exposed to asbestos from insulation used on the ships) (25,26).
2. Most welding is done on mild steel and presents little risk of lung cancer. But, stainless steel welders are exposed to chromium and nickel and may be a "high risk" group which accounts for the overall increase in lung cancer incidence among welders. Some recent studies suggest that stainless steel welders may have up to three to four times greater risk of developing lung cancer, compared to other welders (21,24).
3. Many years of any kind of welding may cause an increase in lung cancer risk which does not appear until twenty or thirty years after first exposure.

The third interpretation is the most worrying since this would have implications for all welders. Only one large study has attempted to relate lung cancer incidence with length of time working as a welder (16). It did not find a significant increase in lung cancer until twenty or more years after first exposure, but the subjects were shipyard welders who were also exposed to asbestos, which could account for the increased lung cancer incidence.

The problem remains of not knowing whether welding represents a significant lung cancer risk, especially to stainless steel welders.

II. GASES

A. HOW GASES ARE PRODUCED

Gases are air-like substances with physical properties resembling air. In welding, gases come from the:

1. action of heat or radiation from the welding arc on the surrounding air;
2. action of heat or radiation on contaminants in the surrounding air;
3. decomposition of electrode coatings; and
4. shielding gas used in some arc welding processes.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

B. MAJOR GASES GENERATED FROM WELDING

The major gases generated during welding of unprimed metals include *ozone, nitrogen oxides, carbon monoxide, and carbon dioxide.*

Ozone and nitrogen oxides are formed by the action of ultraviolet radiation from the welding arc on the oxygen and nitrogen in the surrounding air. It is difficult to control exposure to these gases because they are formed at a distance of up to several metres from the welding arc. Metal inert gas welding generates higher levels of ultraviolet radiation than shielded metal arc welding, resulting in the formation of greater amounts of ozone and nitrogen oxides.

Carbon dioxide and carbon monoxide may be generated by melting of the coatings of consumable electrodes in the high temperatures of the welding arc. These gases become a health hazard only if welding is carried out in enclosed or confined spaces with inadequate ventilation.

Similarly, if gas shielded arc welding is carried out in enclosed areas with insufficient ventilation, then the shielding gases, such as carbon dioxide or argon, may displace the oxygen in the surrounding air.

Welding metals treated with primers, paints, or other protective coatings may be a potential source of exposure to toxic gases. The types of gases released are related to the chemicals contained in the coatings. For example, polyurethane coatings may release large amounts of formaldehyde and toluene diisocyanate, whereas welding metals coated with epoxy resins may result in exposure to hydrogen cyanide and carbon monoxide.

Degreasing solvents such as trichloroethylene and perchloroethylene are commonly used to clean metals before welding. Ultraviolet radiation or heat from the welding arc breaks down these organic compounds to form toxic gases such as phosgene, phosphine, chlorine or hydrogen chloride. Exposure to these gases may also occur if the degreasing process is carried out close to where the welding is done.

C. HEALTH EFFECTS OF GASES

1. Short-Term Effects

Short-term effects range from irritation of the eyes and respiratory system to more severe conditions, such as fluid in the lungs (pulmonary edema, which can be fatal), pneumonia, unconsciousness, and death. The more severe effects from exposure to gases generated in welding are extremely rare and usually occur only when certain welding processes are carried out in unventilated, confined spaces for prolonged periods.

Respiratory Irritation

Gases that result from welding processes which can irritate the nose, throat, and lungs include ozone, nitrogen oxides, hydrogen chloride, and phosgene. Excessive mucus secretion and coughing are the minor symptoms of exposure, but more severe effects may include fluid in the lungs and pneumonia.

Ozone is irritating to the respiratory tract even in very low concentrations (0.1 parts per million) because it dissolves easily in the watery mucous lining of the nose and throat.

Nitrogen oxides, hydrogen chloride, and phosgene have a delayed irritating and toxic effect on the upper respiratory tract. These gases may do extensive damage to lung tissues before the first symptoms appear, often many hours after exposure. Excess fluid in the lungs (edema) is one of the main effects from inhalation of these gases.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Oxygen Deficiency

Carbon dioxide acts by displacing oxygen in the surrounding air which makes less oxygen available for breathing. Asphyxiation can occur but only in extreme cases were welding is done in confined, unventilated areas for long periods.

Carbon monoxide decreases the ability of the blood to carry oxygen to the body tissues. Overexposure to carbon monoxide may cause drowsiness, headache and nausea, and in extreme exposure conditions, fatal oxygen starvation of the body tissues.

2. Long-Term Effects

Long-term health effects from exposure to gases generated in welding processes are not clearly understood. Irritation of the respiratory system by welding gases over many years may lead to chronic respiratory diseases such as bronchitis or emphysema (27-30).

III. COMBINED HEALTH EFFECTS OF FUMES AND GASES

Several studies have been done to determine whether long-term exposure to welding fumes and gases may cause lung diseases such as bronchitis, emphysema, and asthma among welders. Some of these studies suggest that welders experience a higher rate of these lung diseases, compared to other workers or the general population (35-36). Other studies have not found such an increase when age, smoking, and exposure to other pollutants, such as asbestos, have been taken into account (37-39).

IV. SUMMARY

From the information currently available it is clear that exposure to high levels of welding fumes and gases can cause specific short-term health effects such as respiratory tract irritation, metal fume fever, and in severe overexposures, life-threatening poisoning.

Despite the vast amount of published literature, the question of the effects on health from many years of exposure to welding fumes and gases is still largely unanswered. The studies done to date have unfortunately added to rather than helped to clear up the confusion. The problem stems from the fact that no two groups of welders are exactly comparable. A welder typically uses several different welding methods and various electrodes during a working lifetime. This makes it difficult to link an effect on health, which may occur many years after exposure, to a specific welding fume or gas. Exposure to other agents such as cigarette smoke also makes it difficult to identify the effects of welding alone.

For example, it appears that long-term exposure to welding fumes and gases is associated with increased risk of bronchitis and emphysema. But it is often difficult to attribute these diseases to welding since other factors, such as smoking and exposures to other chemicals, also play a significant role in their development. A definite link between welding and cancer has not been established, although some research suggests an increased risk of lung cancer among stainless steel welders.

Until the question of long-term health effects is answered conclusively exposures to welding fumes and gases should be controlled as much as possible by following good occupational hygiene practices, such as product substitution, process modifications and ventilation. Such a strategy will also reduce the occurences of short-term health effects.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

V. REFERENCES

1. Stern, R. Process dependant risk of delayed health effects for welders. Environmental Health Perspectives. Vol. 41 (1981). p. 235-253

2. Morgan, W.K.C.; Seaton, A. Occupational lung diseases. 2nd edition. Toronto, Ontario : W.B. Saunders, 1984

3. Ross, D.S. The short-term effects on health of manual arc welding. Journal of the Society of Occupational Medicine. Vol. 23 (1972). p. 92-95

4. Ross, D.S. Welders' metal fume fever. Journal of the Society of Occupational Medicine. Vol. 24 (1974). p. 125-129

5. Stern, R.M.; Pigott, G.H.; Abraham, J.L. Fibrogenic potential of welding fumes. Journal of Applied Toxicology. Vol. 3, no. 1 (1983). p. 18

6. Stokinger, H.E. A review of world literature finds iron oxides noncarcinogenic. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 45, no. 2 (1984). p. 127

7. Milham, S. Jr. Cancer mortality patterns associated with exposure to metals. Annals of the New York Academy of Sciences. Vol. 172 (1976). p. 243-249

8. Occupational mortality 1970-1972 England and Wales. London : Her Majesty's Stationery Office, Office of Populations Censuses and Surveys, 1978

9. Sjogren, B.; Hogstedt, C.; Malker, H. Chromium and asbestos as two probable risk factors in lung cancer among welders. Journal of Occupational Medicine. Vol. 24 (1982). p. 1874-1875

10. Menck, H.R.; Henderson, B.E. Occupational differences in rates of lung cancer. Journal of Occupational Medicine. Vol. 18 (1976). p. 797-801

11. Gottlieb, M.S. Lung cancer and the petroleum industry in Louisiana. Journal of Occupational Medicine. Vol. 22 (1980). p. 384-388

12. Beaumont, J.J.; Weiss, N.S. Lung cancer among welders. Journal of Occupational Medicine. Vol. 23 (1981). p. 839-844

13. Putoni, R.; Vercelli, M.; Merlo, F.; Santi, L. Mortality among shipyard workers in Genoa, Italy. Annals of the New York Academy of Sciences. Vol. 330 (1979). p. 353-377

14. McMillan, G.H.G.; Pethybridge, R.J. The health of welders in naval dockyards : proportional mortality study of welders and two control groups. Journal of the Society of Occupational Medicine. Vol. 33, no. 2 (1983). p. 75-84

15. Blot, W.J.; Harrington, J.M.; Toledo, A.; Hover, R.; Heath, C.W.; Fraumenti, J.F. Jr. Lung cancer after employment in shipyards during World War II. New England Journal of Medicine. Vol. 229 (1980). p. 620-624

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

16. Blot, W.J.; Morris, L.E.; Stroube, R.; Tagnon, I.; Fraument, J.F. Jr. Lung and laryngeal cancers in relation to shipyard employment in coastal Virginia. Journal of the National Cancer Institute. Vol. 65 (1980). p. 571-575

17. Dunn, H.W.; Weir, J.M. A prospective study of mortality of several occupational groups. Special emphasis on lung cancer. Archives of Environmental Health. Vol. 17 (1968). p. 71-76

18. Polednak, A.P. Mortality among welders, including a group exposed to nickel oxides. Archives of Environmental Health. Vol. 36 (1981). p. 235-242

19. Redmond, C.K.; Wieand, H.S.; Rockette, H.E. Long term mortality experience of steelworkers. Update for NIOSH, contract no. HSMü71-32. Cincinnati, Ohio : National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1979

20. Ott, M.G.; Holder, B.B.; Langner, R.R. Determinants of mortality in an industrial population. Journal of Occupational Medicine. Vol. 18 (1976). p. 171-177

21. Sjorgren, B. A retrospective cohort study of mortality among stainless steel welders. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health. Vol. 6 (1980). p. 197-200

22. Breslow, L.; Hoaglin, L.; Rasmussen, G.; Abrams, H.K. Occupations and cigarette smoking as factors in lung cancer. American Journal of Public Health. Vol. 44 (1954). p. 171-181

23. Decoufle, P.; Stanislawczyk, K.; Houten, L.; Bross, I.D.J.; Viadana, E. Retrospective survey of cancer in relation to occupation. (NIOSH publication ; no. 77-178). Cincinnati, Ohio : National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1978

24. Siemiatycki, J.; Gerin, M. Nickel and cancer associations from a multicancer occupational case control study. In: Nickel in the Human Environment. Lyon : IARC, March 8-11, 1983

25. Peto, J. Cancer morbidity and mortality studies of welders. Proceedings of the International Conference on Health Hazards and Biological Effects of Welding Fumes and Gases. Copenhagen, February 18-21, 1985. (In press)

26. Stern, R. Assessment of lung cancer for welders. Archives of Environmental Health. Vol. 38, no. 3 (1983). p. 148-155

27. Effects of welding on health I. Miami, Florida : American Welding Society, 1979

28. Effects of welding on health II. Miami, Florida : American Welding Society, 1981

29. Effects of welding on health III. Miami, Florida : American Welding Society, 1983

30. Effects of welding on health IV. Miami, Florida : American Welding Society, 1984

31. Anderson, R.S. The effects of welding on health : evidence, problems, future research suggestions. Welding Journal. Vol. 61, no. 4 (1982). p. 40-44

32. Southgate, I.G.P. Health problems associated with the gases, fumes and radiation generated during welding and allied processes. Occupational Health. Vol. 5, no. 1 (1983). p. 7-15

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

33. Newhouse, M.L.; Murray, R. The current position concerning the biological effects of exposure to fume in welders. 1979. In: Welding fume - sources, characteristics, control. Vol. 2. Abington, Cambridge, United Kingdom : The Welding Institute, 1981. p. 483-505

34. Proceedings of International Conference on Health Hazards and Biological Effects of Welding Fumes and Gases. Copenhagen, February 18-21, 1985. Elsevier Publishing. (In press)

35. Oxhoj, H.; Bake, B.; Wedel, H.; Wilhelmsen, L. Effects of electric arc welding on ventilatory lung function. Archives of Environmental Health. Vol. 34, no. 4 (July/August 1979). p. 211-217

36. Fawer, R.F.; Gardner, A.W.; Oakes, D. Absences attributed to respiratory diseases in welders. British Journal of Industrial Medicine. Vol. 39 (1982). p. 149-152

37. McMillan, G.H.G.; Pethybridge, R.G. A clinical, radiological and pulmonary function case-control study of 135 dockyard welders aged 45 years and over. Journal of the Society of Occupational Medicine. Vol. 34 (1984). p. 3-23

38. Fogh, A.; Frost, J.; Georg, J. Respiratory symptoms and pulmonary function in welders. Annals of Occupational Hygiene. Vol. 12 (1969). p. 213-218

39. Gellerman Keimig, D.; Pomrehn, P.R.; Burmeister, L.F. Respiratory symptoms and pulmonary function in welders of mild steel : a cross-sectional study. American Journal of Industrial Medicine. Vol. 4 (1983). p. 489-499

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

LES EFFETS DES ÉMANATIONS DE SOUDAGE SUR LA SANTÉ

Paul Sampara
Responsable de projets
Substances dangereuses

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail

250 rue Main est
Hamilton Ontario
L8N 1H6

Septembre 1985

P85-4F

LES EFFETS DES ÉMANATIONS DE SOUDAGE SUR LA SANTÉ

NUMÉRO DU CCHST P85-4F

ISBN 0-660-91721-1

NUMÉRO DE CATALOGUE DSS CC273-2/85-4F

Cette publication est disponible
dans les deux langues officielles.

This publication is available
in both official languages.

Le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail s'efforce de s'assurer que l'information qu'il distribue est exacte et exhaustive. Cependant il est entendu que le Centre ne se porte pas garant que ladite information est exacte et exhaustive et ne sera tenu responsable d'aucun dommage ni d'aucune perte subis par le demandeur par suite de l'utilisation d'une information inexacte ou incomplète.

Date de publication: 1985

Exemplaires supplémentaires disponibles sur demande.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

TABLE DES MATIÈRES

Page

PORTÉE 1

INTRODUCTION 1
A. Principaux procédés de soudage à l'arc 1
B. Principaux genres de métaux qui se prêtent au soudage 2

I. LES FUMÉES 4
A. Comment les fumées se produisent 4
B. Principaux genres de fumées dégagées par le soudage 4
C. Effets des fumées sur la santé 4
1. Effets à court terme 4
L'irritation des voies respiratoires 5
La fièvre des fondeurs 5
L'intoxication par le cadmium 5
2. Effets à long terme 5
La sidérose 5
Le cancer du poumon 5

II. LES GAZ 7
A. Comment les gaz se produisent 7
B. Principaux genres de gaz dégagés par le soudage 7
C. Effets des gaz sur la santé 7
1. Effets à court terme 7
L'irritation des voies respiratoires 8
Le manque d'oxygène 8
2. Effets à long terme 8

III. EFFETS COMBINÉS DES FUMÉES ET DES GAZ SUR LA SANTÉ 8

IV. RÉSUMÉ 8

V. RÉFÉRENCES 10

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

PORTÉE

Le présent document a pour but de résumer les effets que peuvent produire les émanations de soudage sur la santé. Il vise principalement à servir comme source de renseignements pour les soudeurs, les ingénieurs en soudage, les comités d'hygiène et de sécurité, les hygiénistes du travail, les médecins et les infirmières et autres spécialistes de l'hygiène et de la sécurité du travail.

INTRODUCTION

Le soudage est un procédé industriel important qui utilise la chaleur et/ou la pression pour faire adhérer les métaux. Parmi les nombreuses techniques de soudage, c'est le soudage à l'arc qui est maintenant le plus répandu. Le métal en fusion provenant de la pièce à souder s'allie avec le métal d'apport provenant de l'électrode pour former un bain de fusion qui constituera la soudure en se refroidissant.

Le soudage à l'arc utilise une décharge électrique continue (un arc électrique) pour produire des températures très élevées (de 3 000°C à 30 000°C). On maintient cet arc électrique entre le conducteur (l'électrode) et la pièce à souder, le manipulant et le déplaçant de manière à ce que la pièce à souder et le métal d'apport se fusionnent en une soudure.

Des fumées et des gaz de soudage se dégagent de la zone de l'arc sous la forme d'un panache, pendant cette opération. La chaleur et le rayonnement ultraviolet provenant de l'arc de soudage dégagent également dans l'air ambiant des gaz qui peuvent être nocifs. L'évaluation des risques que comportent toutes ces substances pour la santé des soudeurs et autres travailleurs qui y sont exposés ne va pas de soi. Plusieurs variantes entrent en jeu dans la composition chimique et la concentration des émanations de soudage et des milliers de combinaisons sont possibles. Les cas ne sont donc jamais identiques et l'évaluation de l'exposition de chaque soudeur est une question extrêmement complexe. Environ 80% de toutes les opérations de soudage se regroupent selon trois méthodes principales de soudage à l'arc et quatre principaux genres de métal à souder (1).

A. PRINCIPAUX PROCÉDÉS DE SOUDAGE À L'ARC

Le soudage à l'arc manuel avec électrode fusible protégée est le procédé le plus répandu. On y emploie de petits bouts d'une électrode faite d'un métal qui s'apparente à celui de la pièce à souder et qui devient le métal d'apport de la soudure à mesure qu'il fond en maintenant l'arc à une longueur constante. Cette électrode est enduite d'un mélange complexe de composés chimiques qui jouent un rôle important dans le procédé de soudage et dont la fonction principale est de dégager un gaz protecteur, comme l'oxyde de carbone, pour empêcher l'air de pénétrer dans la zone de l'arc et protéger la soudure contre l'oxydation. D'autres composés ont pour effet d'améliorer les propriétés métallurgiques de la soudure et de stabiliser l'arc électrique. La composition de l'enrobage varie selon le genre de métal à souder.

Le soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode fusible (MIG) utilise un fil fusible sans enrobage qu'on fait descendre continuellement par le milieu du chalumeau soudeur. Pour empêcher l'oxydation de la soudure, un gaz inerte, comme l'argon, l'hélium ou l'oxyde de carbone, est apporté à la zone de l'arc par voie d'un tube circulaire entourant le fil.

Le soudage à l'arc avec fil fourré est une variante du soudage MIG. Ce procédé utilise un fil fusible creux, fourré de plusieurs matières chimiques ayant pour fonction de renforcer la soudure et de fournir les gaz protecteurs.

Le soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode de tungstène (TIG) utilise une électrode en tungstène non fusible qui maintient l'arc et produit une chaleur suffisante pour faire fusionner les métaux. Lorsqu'un métal

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

d'apport est requis, on l'introduit sous forme d'une baguette qu'on tient à proximité de l'arc de manière à ce qu'elle fonde et se dépose au point de soudure. Selon le genre de métal à souder, on pourra avoir recours à l'adduction de gaz protecteurs.

B. PRINCIPAUX GENRES DE MÉTAUX QUI SE PRÊTENT AU SOUDAGE

- **L'acier doux** (un alliage de fer, de carbone, de silicone et parfois de molybdène et de manganèse).
- **Les aciers fortement alliés et inoxydables** (renfermant du fer, du nickel, du chrome et parfois du cobalt, du vanadium, du manganèse et du molybdène).
- **L'aluminium** (soit pur, soit allié avec du manganèse, des silicones et parfois du chrome).
- **L'acier galvanisé** (enduit d'une couche de zinc pour prévenir la corrosion).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Le tableau 1 indique le genre de fumées et de gaz qui peuvent se dégager dans l'utilisation des procédés et des métaux de soudage les plus répandus.

Tableau 1
Fumées et gaz pouvant se dégager à l'utilisation des procédés et du matériel de soudage à l'arc les plus répandus

Procédé de soudage à l'arc	Métal	Fumées	Gaz
En atmosphère inerte avec électrode fusible (MIG)	aluminium	oxyde d'aluminium	ozone
En atmosphère inerte avec électrode fusible (MIG)	acier doux	oxydes de fer, de silicones et de cuivre	oxydes d'azote
En atmosphère inerte avec électrode fusible (MIG)	acier inoxydable	mêmes que MIG/acier doux plus oxydes de manganèse, de chrome et de nickel	oxydes d'azote, ozone
En atmosphère inerte avec électrode fusible (MIG)	acier galvanisé	mêmes que MIG acier doux plus oxydes de zinc, de cadmium et de plomb	
Manuel, avec électrode fusible (MMA)	acier doux	mêmes que MIG/acier doux plus oxydes d'aluminium, de molybdène et de titane; sodium, potassium, calcium, fluor	oxydes d'azote
Manuel, avec électrode fusible (MMA)	acier inoxydable	mêmes que MMA/acier doux plus oxydes de chrome, de cuivre, de nickel et de vanadium	oxydes d'azote
Manuel, avec électrode fusible (MMA)	acier galvanisé	mêmes que MMA/acier doux plus oxydes de zinc, de cadmium et de plomb	
En atmosphère inerte avec électrode de tungstène (TIG)	aluminium	composition semblable à celle des fumées de soudage MIG, mais en quantité beaucoup moins grande	oxydes d'azote, ozone

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

I. LES FUMÉES

A. COMMENT LES FUMÉES SE PRODUISENT

Les fumées se composent de particules solides extrêmement fines qui se forment lorsqu'une substance volatilisée se condense. C'est ce qui se produit lorsque les métaux de l'électrode fusible et de la pièce à souder, après s'être volatilisés à la chaleur de l'arc électrique, se condensent au contact de l'air plus froid du milieu de travail.

Tous les procédés de soudage produisent des fumées, mais leur composition et leur concentration varient considérablement. Presque toutes les fumées proviennent du métal d'apport et des enrobages ou des flux composant les fils et les électrodes fusibles. La pièce à souder ne produit qu'une petite quantité de fumée puisqu'il n'est pas nécessaire que sa température dépasse de beaucoup le point de fusion. Cependant, il se pourrait qu'elle ait été peinte ou enduite d'un agent antirouille ou anticorrosion susceptible de se décomposer. Par exemple, le soudage de l'acier galvanisé peut produire une grande quantité de fumée de zinc ou de cadmium, alors que la peinture renfermant du plomb peut dégager un niveau élevé de fumées de plomb.

B. PRINCIPAUX GENRES DE FUMÉES DÉGAGÉES PAR LE SOUDAGE

Les fumées de soudage se composent principalement d'oxyde de fer. On pourra également y trouver différentes combinaisons des matériaux et composés chimiques suivants, selon le procédé de soudage adopté et le genre de métal à souder :

aluminium	fluorures	titane
cadmium	manganèse	vanadium
chrome	molybdène	zinc
cuivre	nickel	
étain	plomb	

Ce sont le cadmium, le chrome, l'oxyde de fer, le nickel et le zinc qui présentent le plus de risque pour la santé.

C. EFFETS DES FUMÉES SUR LA SANTÉ

La plupart des fumées de soudage se composent de particules assez fines pour être respirées (moins d'un millième de millimètre). Le système respiratoire peut disposer de ces particules de plusieurs façons sur une période allant de quelques jours à plusieurs mois. Il arrive rarement qu'on trouve plus de quelques grammes de particules de fumées de soudage dans les poumons d'un soudeur ayant pratiqué cette profession toute sa vie (2).

C'est sur les effets que peuvent avoir les fumées de soudage pendant leur séjour dans les poumons qu'il faut se pencher. En plus des effets directs qu'elles ont sur le système respiratoire, certaines particules de fumée peuvent se dissoudre dans les poumons et être communiquées par le sang ou le système lymphatique aux autres parties de l'organisme, où elles exerceront des effets toxiques.

Les affections pouvant résulter des fumées de soudage dépendent de la quantité de fumée qu'on respire et des genres de métaux et de composés toxiques qui s'y trouvent.

1. Effets à court terme

Les effets à court terme sont ordinairement des réactions biologiques qui se produisent dans un délai plutôt bref (de quelques heures à quelques jours) après l'exposition à une substance toxique. Certains médecins considèrent que des réactions survenant six mois après l'exposition sont des effets à court terme (3).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

L'irritation des voies respiratoires
L'irritation du nez, de la gorge ou des poumons peut être causée par l'inhalation des fumées de soudage se composant de cadmium, de chrome, de plomb, de fluorures, de manganèse, de nickel, de molybdène, de titane, de vanadium et de zinc. Elles se manifestent par une sécrétion excessive de mucus et par la toux.

La fièvre des fondeurs
L'effet le plus répandu de la surexposition à certains genres de fumées métalliques est la fièvre ou la maladie des fondeurs qui affecte les travailleurs de différents métaux en fusion.

Les symptômes de la fièvre des fondeurs se déclarent de 4 à 12 heures après l'exposition et durent ordinairement environ 24 heures. On s'en remet complètement et elle n'occasionne pas d'incapacité permanente. Les symptômes, semblables à ceux de la grippe, comprennent les sueurs, les grelottements, les maux de tête, la fièvre, les frissons, la soif, les douleurs musculaires, la nausée, les vomissements, la faiblesse et la fatigue. Au moment de l'exposition aux fumées métalliques, on pourra avoir un goût métallique ou douceâtre dans la bouche, avoir la gorge sèche ou irritée, ou faire un accès de toux.

Dans la plupart des cas, c'est la surexposition récente aux fumées d'oxyde de zinc dégagées du soudage, du brûlage ou du brasage de l'acier galvanisé qui cause la fièvre des fondeurs, bien qu'il arrive aussi que celle-ci soit occasionnée par la surexposition à des fumées d'oxyde provenant d'autres métaux, tels que le cadmium, le cuivre, le magnésium, le manganèse, le nickel ou l'étain. On estime que la moitié des soudeurs sont atteints de la fièvre des fondeurs au moins une fois au cours de leur carrière (4).

Certains soudeurs deviennent temporairement immunisés à la fièvre des fondeurs et résistent donc à l'exposition soutenue aux fumées de soudage. Cet immunité n'est que passagère et se dissipe à la suite d'une absence de courte durée, telle qu'une fin de semaine ou des vacances.

L'intoxication par le cadmium
Le cadmium est très toxique et la surexposition à ses fumées peut provoquer des symptômes qui ressemblent d'abord à ceux de la fièvre des fondeurs. Cependant, le mal s'aggrave bientôt et donne lieu à une accumulation dangereuse de liquide dans les poumons (oedème) ainsi qu'à une bronchite et une pneumonie aiguës. Des lésions au foie et aux reins peuvent aussi se produire. Plusieurs décès ont été signalés chez les soudeurs ayant été exposés à des concentrations élevées de fumées de cadmium pendant des périodes de courte durée (28,30).

2. Effets à long terme

Les effets à long terme sont ordinairement des réactions biologiques qui se produisent plusieurs années après l'exposition à une subtance toxique. Les effets à long terme de l'exposition aux fumées de soudage sur la santé ne sont pas aussi clairement compris que les effets à court terme que nous venons de décrire.

La sidérose
Comme nous l'avons dit, l'oxyde de fer est l'élément principal de toutes les fumées de soudage. Lorsqu'il s'accumule dans les poumons, il est visible sous forme de taches obscures sur les radiographies. Cette maladie, connue sous le nom de sidérose, a d'abord été observée vers la fin des années 1930, alors que le soudage devenait un procédé industriel important.

La sidérose a tendance à se dissiper lorsque l'exposition aux particules métalliques cesse. On avait d'abord cru que l'accumulation de particules d'oxyde de fer dans les poumons occasionnait un changement des fonctions pulmonaires, la cicatrisation des tissus pulmonaires (fibrose), ou le cancer du poumon; mais cet effet n'a pas été démontré (2,5,6).

Le cancer du poumon
Des expériences sur les animaux et les cellules vivantes ont démontré que les fumées de soudage peuvent causer le cancer et des mutations.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

6 / Soudage

Le soudage de l'acier inoxydable peut produire des concentrations élevées de chrome et de nickel. Or, l'exposition à des composés de ces métaux dans l'industrie de la production du chrome et du nickel a été reliée à des cas de cancer du poumon. On s'inquiète donc de la possibilité que l'exposition aux fumées et aux gaz de soudage pendant plusieurs années puisse également occasionner le cancer du poumon. Cette forme de cancer étant la plus répandue chez l'être humain, il devient d'autant plus difficile d'en étudier les causes. Le tabagisme est la cause principale du cancer du poumon, mais ce n'est certainement pas la seule.

Au cours des trente dernières années, au moins dix-huit études épidémiologiques ont été publiées sur l'incidence du cancer du poumon chez les soudeurs (7-24). Ces études ont fait l'objet d'analyses approfondies (25-34) et le résumé suivant en expose les observations principales. Pour plus de renseignements, il faudra consulter les études originales ou les analyses compréhensives elles-mêmes.

Les études sur le cancer du poumon chez les soudeurs appartiennent aux trois catégories suivantes:

1. Tous les décès et cas de cancer signalés dans un pays ou dans une région particulière (7-11). Toutes ces analyses ont constaté une augmentation d'environ 40 pour cent de cancer du poumon chez les soudeurs par rapport à la population générale.
2. Chez les soudeurs de la construction navale (12-16). Celles-ci ont constaté une augmentation moyenne de 30 pour cent du cancer du poumon chez les soudeurs.
3. Chez les soudeurs des autres industries. Celles-ci suggèrent également une augmentation de 40 pour cent du cancer du poumon (17-24).

Ces études indiquent qu'il semble y avoir un risque de cancer du poumon de 30 à 40 pour cent plus élevé chez les soudeurs que chez la population générale. Voici les trois façons dont on a interprété ces observations jusqu'à présent.

1. Le risque de cancer du poumon résultant du soudage est négligeable et l'incidence excédentaire peut être attribuée au tabagisme, qui est mis en cause dans environ 30 pour cent des cas de cancer du poumon, ou à l'exposition à d'autres agents carcinogènes, tels que la fibre d'amiante, surtout chez les soudeurs de la construction navale ayant été exposés à l'amiante utilisée pour l'isolation des navires (25,26).
2. Le soudage se fait ordinairement sur de l'acier doux et n'entraîne que peu de risque de cancer du poumon. Cependant, puisque les soudeurs qui travaillent l'acier inoxydable sont exposés au chrome et au nickel, ils courent un risque plus grave qui explique l'incidence plus élevée de cancer du poumon chez les soudeurs en général. Des études récentes indiquent que le risque de cancer du poumon pourrait être trois ou quatre fois plus grand chez les soudeurs d'acier inoxydable que chez les autres soudeurs (21,24).
3. Quel que soit le genre de soudage, il se pourrait que l'augmentation du risque de cancer du poumon ne se manifeste que vingt ou trente ans après le début de l'exposition.

La troisième interprétation est la plus inquiétante puisqu'elle touche tous les soudeurs. Ce n'est que dans une seule étude d'envergure qu'on a tenté de relier l'incidence de cancer du poumon à la durée des activités de soudage (16). Cette étude n'a relevé aucune augmentation importante d'incidence de cancer du poumon, si ce n'est vingt ans ou plus après le début de l'exposition. Or, les sujets étaient des soudeurs de la construction navale qui étaient exposés à l'amiante et c'est peut-être ce dernier facteur qui explique l'augmentation constatée.

On ne sait donc toujours pas si le soudage représente un risque important de cancer du poumon, surtout chez les soudeurs d'acier inoxydable.

CCOHS·CCHST
250 Main Street E. /250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

II. LES GAZ

A. COMMENT LES GAZ SE PRODUISENT

Les gaz sont des substances qui sont semblables à l'air et qui partagent des propriétés physiques semblables. Voici comment les gaz se dégagent dans le soudage :

1. l'arc électrique produit de la chaleur ou des rayonnements qui agissent sur l'air ambiant;
2. la chaleur et les rayonnements agissent sur les polluants contenus dans l'air ambiant;
3. les enrobages d'électrode se décomposent;
4. certains procédés de soudage à l'arc font appel à un gaz protecteur.

B. PRINCIPAUX GENRES DE GAZ DÉGAGÉS PAR LE SOUDAGE

Parmi les principaux gaz qui se dégagent dans le soudage des métaux non traités, on compte *l'ozone, les oxydes d'azote et les oxydes de carbone.*

L'ozone et les oxydes d'azote se forment sous l'effet qu'exercent les rayons ultraviolets provenant de l'arc de soudage sur l'oxygène et l'azote de l'air ambiant. Il est difficile de réduire l'exposition à ces gaz, puisqu'ils ne se forment pas à proximité de l'arc, mais bien à des distances pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres. Etant donné que le soudage à l'arc MIG dégage des rayonnements ultraviolets plus abondants que le soudage à l'arc manuel avec électrode fusible protégée, il s'en dégage une plus grande quantité d'ozone et d'oxydes d'azote.

Des oxydes de carbone peuvent se dégager des enrobages des électrodes fusibles à la température élevée de l'arc de soudage. Ces gaz ne deviennent dangereux que lorsque le soudage a lieu dans un espace fermé sans ventilation appropriée.

De la même manière, lorsque le soudage à l'arc avec gaz protecteurs a lieu dans un endroit fermé sans ventilation appropriée, les gaz protecteurs, tels que l'oxyde de carbone ou l'argon, risquent de prendre la place de l'oxygène dans l'air ambiant.

Lorsque le métal de base a été peint ou qu'il a reçu une couche de fond ou une couche protectrice, le soudage occasionne un risque d'exposition aux gaz toxiques provenant des ingrédients chimiques de ces enduits. Par exemple, les polyuréthanes peuvent dégager une grande quantité de formaldéhyde et de diisocyanate de toluène, alors que les enduits à la résine époxyde peuvent produire du cyanure d'hydrogène et de l'oxyde de carbone.

On a souvent recours à des solvants, tels que le trichloréthylène et le perchloréthylène, pour dégraisser le métal avant de le souder. Ces composés organiques se désintègrent sous l'effet des rayons ultraviolets ou de la chaleur de l'arc de soudage. Il s'en dégage des gaz tels que le phosgène, le phosphure d'hydrogène, le chlore ou le chlorure d'hydrogène. On pourra également être exposé à ces gaz si le dégraissage s'effectue près du lieu de soudage.

C. EFFETS DES GAZ SUR LA SANTÉ

1. Effets à court terme

À brève échéance, les effets des gaz peuvent passer de la simple irritation des yeux et des voies respiratoires à des états beaucoup plus graves, tels que l'évanouissement, l'oedème ou accumulation de liquide dans les poumons (parfois mortel), la pneumonie et la mort. Ce n'est que très rarement, lorsque le soudage a lieu en des endroits fermés sans ventilation appropriée et pendant des périodes prolongées, que les gaz de soudage produisent leurs effets les plus néfastes.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.

L'irritation des voies respiratoires
Parmi les gaz de soudage qui sont irritants pour le nez, la gorge et les poumons, on compte l'ozone, les oxydes d'azote, le chlorure d'hydrogène et le phosgène. L'exposition à ces gaz produit une sécrétion excessive de mucus et de la toux. Des symptômes plus graves pourront indiquer qu'il y a pneumonie ou accumulation de liquide pulmonaire.

Même à un niveau très bas de concentration (0,1 partie par million), l'ozone est irritant pour les voies respiratoires parce qu'il se dissout facilement dans les muqueuses humides du nez et de la gorge.

Les oxydes d'azote, le chlorure d'hydrogène et le phosgène exercent des effets irritants et toxiques différés sur les voies respiratoires supérieures. Il se pourrait que les tissus pulmonaires aient subi des lésions graves avant l'apparition des symptômes, qui se produisent parfois plusieurs heures après l'exposition à ces gaz. L'accumulation de liquides pulmonaires (oedème) est une des principales affections résultant de l'inhalation de ces gaz.

Le manque d'oxygène
Le bioxyde de carbone se substitue à l'oxygène dans l'air ambiant. Dans les cas extrêmes, un soudeur travaillant dans un endroit fermé, sans ventilation, pendant des périodes prolongées pourra donc être exposé à l'asphyxie.

Le monoxyde de carbone diminue la capacité que possède le sang d'apporter l'oxygène aux tissus organiques. La surexposition à l'oxyde de carbone peut causer la somnolence, les maux de tête et la nausée et, dans les cas d'exposition grave, priver les tissus organiques d'oxygène au point d'entraîner la mort.

2. Effets à long terme

On ne comprend pas très bien les effets à long terme que l'exposition aux gaz de soudage peut avoir sur la santé. Avec les années, l'irritation du système respiratoire occasionnée par les gaz de soudage peut avoir pour effet des maladies respiratoires chroniques, telles que la bronchite ou l'emphysème.

III. EFFETS COMBINÉS DES FUMÉES ET DES GAZ SUR LA SANTÉ

Plusieurs études ont été faites dans le but de déterminer si les effets à long terme de l'exposition aux émanations de soudage pouvaient se traduire par des maladies pulmonaires telles que la bronchite, l'emphysème et l'asthme chez les soudeurs. Certaines de ces études laissent entendre que ces maladies pulmonaires se produisent plus fréquemment chez les soudeurs que chez les autres travailleurs composant la population en général (35-36). D'autres, pour leur part, n'ont pas constaté d'écart en ce sens, compte tenu de l'âge, du tabagisme et de l'exposition à d'autres polluants, tels que l'amiante (37-39).

IV. RÉSUMÉ

Les renseignements dont nous disposons présentement indiquent clairement que l'exposition à des niveaux élevés d'émanations de soudage peut causer des affections particulières à court terme, telles que l'irritation des voies respiratoires, la fièvre des fondeurs et, dans les cas de surexposition grave, des intoxications fatales.

Malgré l'abondance de la documentation à ce sujet, on n'a pas encore réussi à jeter beaucoup de lumière sur la question des effets que l'exposition aux émanations de soudage peut avoir sur la santé après plusieurs années. Il semble même parfois qu'on n'ait réussi qu'à augmenter la complexité du sujet. Cela tient sans doute à la diversité des facteurs de comparaison d'un groupe de soudeurs à l'autre. En effet, le soudeur moyen emploie ordinairement plusieurs méthodes de soudage et plusieurs différentes sortes d'électrodes au cours de sa carrière. Il est donc difficile d'établir un lien entre l'exposition à un genre de fumée ou de gaz de soudage particulier et l'affection qui pourrait

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

en résulter plusieurs années plus tard. De plus, la présence d'autres agents polluants, tels que la cigarette, complique l'identification des effets qui sont propres aux émanations de soudage.

Il semble, par exemple, que l'exposition prolongée aux émanations de soudage soit associée à un risque plus élevé de bronchite et d'emphysème. Encore là, il est souvent difficile d'attribuer ces maladies au soudage, puisqu'elles sont souvent occasionnées par le tabagisme et par l'exposition à d'autres substances chimiques. Bien qu'on n'ait pas encore établi des liens positifs entre le soudage et le cancer du poumon, la recherche semble indiquer que ce risque est plus élevé chez les soudeurs d'acier inoxydable.

Tant qu'on n'aura pas déterminé quels sont les effets à long terme des émanations de soudage sur la santé, il faudra continuer à réduire l'exposition à ces substances par tous les moyens possibles et pratiquer l'hygiène au travail par des mesures comme la substitution des produits, la modification des méthodes et la ventilation. En adoptant une telle stratégie, on réduira aussi l'incidence des effets à court terme.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

V. RÉFÉRENCES

1. Stern, R. Process dependant risk of delayed health effects for welders. Environmental Health Perspectives. Vol. 41 (1981). p. 235-253

2. Morgan, W.K.C.; Seaton, A. Occupational lung diseases. 2nd edition. Toronto, Ontario : W.B. Saunders, 1984

3. Ross, D.S. The short-term effects on health of manual arc welding. Journal of the Society of Occupational Medicine. Vol. 23 (1972). p. 92-95

4. Ross, D.S. Welders' metal fume fever. Journal of the Society of Occupational Medicine. Vol. 24 (1974). p. 125-129

5. Stern, R.M.; Pigott, G.H.; Abraham, J.L. Fibrogenic potential of welding fumes. Journal of Applied Toxicology. Vol. 3, no. 1 (1983). p. 18

6. Stokinger, H.E. A review of world literaure finds iron oxides noncarcinogenic. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 45, no. 2 (1984). p. 127

7. Milham, S. Jr. Cancer mortality patterns associated with exposure to metals. Annals of the New York Academy of Sciences. Vol. 172 (1976). p. 243-249

8. Occupational mortality 1970-1972 England and Wales. London : Her Majesty's Stationery Office Office of Populations Censuses and Surveys, 1978

9. Sjogren, B.; Hogstedt, C.; Malker, H. Chromium and asbestos as two probable risk factors in lung cancer among welders. Journal of Occupational Medicine. Vol. 24 (1982). p. 1874-1875

10. Menck, H.R.; Henderson, B.E. Occupational differences in rates of lung cancer. Journal of Occupational Medicine. Vol. 18 (1976). p. 797-801

11. Gottlieb, M.S. Lung cancer and the petroleum industry in Louisiana. Journal of Occupational Medicine. Vol. 22 (1980). p. 384-388

12. Beaumont, J.J.; Weiss, N.S. Lung cancer among welders. Journal of Occupational Medicine. Vol. 23 (1981). p. 839-844

13. Putoni, R.; Vercelli, M.; Merlo, F.; Santi, L. Mortality among shipyard workers in Genoa, Italy. Annals of the New York Academy of Sciences. Vol. 330 (1979). p. 353-377

14. McMillan, G.H.G.; Pethybridge, R.J. The health of welders in naval dockyards : proportional mortality study of welders and two control groups. Journal of the Society of Occupational Medicine. Vol. 33, no. 2 (1983). p. 75-84

15. Blot, W.J.; Harrington, J.M.; Toledo, A.; Hover, R.; Heath, C.W.; Fraumenti, J.F. Jr. Lung cancer after employment in shipyards during World War II. New England Journal of Medicine. Vol. 229 (1980). p. 620-624

16. Blot, W.J.; Morris, L.E.; Stroube, R.; Tagnon, I.; Fraument, J.F. Jr. Lung and laryngeal cancers in relation to shipyard employment in coastal Virginia. Journal of the National Cancer Institute. Vol. 65 (1980). p. 571-575

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

17. Dunn, H.W.; Weir, J.M. A prospective study of mortality of several occupational groups. Special emphasis on lung cancer. Archives of Environmental Health. Vol. 17 (1968). p. 71-76

18. Polednak, A.P. Mortality among welders, including a group exposed to nickel oxides. Archives of Environmental Health. Vol. 36 (1981). p. 235-242

19. Redmond, C.K.; Wieand, H.S.; Rockette, H.E. Long term mortality experience of steelworkers. Update for NIOSH, contract no. HSMü71-32. Cincinnati, Ohio : National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1979

20. Ott, M.G.; Holder, B.B.; Langner, R.R. Determinants of mortality in an industrial population. Journal of Occupational Medicine. Vol. 18 (1976). p. 171-177

21. Sjorgren, B. A retrospective cohort study of mortality among stainless steel welders. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health. Vol. 6 (1980). p. 197-200

22. Breslow, L.; Hoaglin, L.; Rasmussen, G.; Abrams, H.K. Occupations and cigarette smoking as factors in lung cancer. American Journal of Public Health. Vol. 44 (1954). p. 171-181

23. Decoufle, P.; Stanislawczyk, K.; Houten, L.; Bross, I.D.J.; Viadana, E. Retrospective survey of cancer in relation to occupation. (NIOSH publication ; no. 77-178). Cincinnati, Ohio : National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1978

24. Siemiatycki, J.; Gerin, M. Nickel and cancer associations from a multicancer occupational case control study. In: Nickel in the Human Environment. Lyon : IARC, March 8-11, 1983

25. Peto, J. Cancer morbidity and mortality studies of welders. Proceedings of the International Conference on Health Hazards and Biological Effects of Welding Fumes and Gases. Copenhagen, February 18-21, 1985. (In press)

26. Stern, R. Assessment of lung cancer for welders. Archives of Environmental Health. Vol. 38, no. 3 (1983). p. 148-155

27. Effects of welding on health I. Miami, Florida : American Welding Society, 1979

28. Effects of welding on health II. Miami, Florida : American Welding Society, 1981

29. Effects of welding on health III. Miami, Florida : American Welding Society, 1983

30. Effects of welding on health IV. Miami, Florida : American Welding Society, 1984

31. Anderson, R.S. The effects of welding on health : evidence, problems, future research suggestions. Welding Journal. Vol. 61, no. 4 (1982). p. 40-44

32. Southgate, I.G.P. Health problems associated with the gases, fumes and radiation generated during welding and allied processes. Occupational Health. Vol. 5, no. 1 (1983). p. 7-15

33. Newhouse, M.L.; Murray, R. The current position concerning the biological effects of exposure to fume in welders, 1979. In: Welding fume - sources, characteristics, control. Vol. 2. Abington, Cambridge, United Kingdom : The Welding Institute, 1981. p. 483-505

34. Proceedings of International Conference on Health Hazards and Biological Effects of Welding Fumes and Gases. Copenhagen, February 18-21, 1985. Elsevier Publishing. (In press)

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.

35. Oxhoj, H.; Bake, B.; Wedel, H.; Wilhelmsen, L. Effects of electric arc welding on ventilatory lung function. Archives of Environmental Health. Vol. 34, no. 4 (July/August 1979). p. 211-217

36. Fawer, R.F.; Gardner, A.W.; Oakes, D. Absences attributed to respiratory diseases in welders. British Journal of Industrial Medicine. Vol. 39 (1982). p. 149-152

37. McMillan, G.H.G.; Pethybridge, R.G. A clinical, radiological and pulmonary function case-control study of 135 dockyard welders aged 45 years and over. Journal of the Society of Occupational Medicine. Vol. 34 (1984). p. 3-23

38. Fogh, A.; Frost, J.; Georg, J. Respiratory symptoms and pulmonary function in welders. Annals of Occupational Hygiene. Vol. 12 (1969). p. 213-218

39. Gellerman Keimig, D.; Pomrehn, P.R.; Burmeister, L.F. Respiratory symptoms and pulmonary function in welders of mild steel : a cross-sectional study. American Journal of Industrial Medicine. Vol. 4 (1983). p. 489-499

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6